
Телекомунікації, радіолокація, радіонавігація та електроакустика

УДК 621.39

ФАЗИ-КОНТРОЛЕР ДЛЯ МЕРЕЖ WiMAX¹

Семенова О. О., к.т.н., доцент; Боярський К. О.; Постернак О. М.
Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна,
semenov79@ukr.net

FUZZY-CONTROLLER FOR WiMAX NETWORKS

O.Semenova, PhD, Associate Professor; K.Boyarskiy; O.Posternak
Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, Ukraine

Вступ

Одним з основних напрямків розвитку сучасних телекомунікаційних технологій є бездротові мережі передачі інформації. Серед них все більшого поширення одержують такі технології як персональні мережі *IEEE 802.15 (Bluetooth)*, локальні мережі *IEEE 802.11 (Wi-Fi)* та стандарт універсальних міських мереж *IEEE 802.16 (WiMAX)*, у яких бездротовий широко-смуговий доступ використовується дуже широким спектром додатків — від традиційної передачі мови до сучасних мультимедійних додатків. *WiMAX* — це технологія операторського класу з високою якістю сервісу [1]. Через інтенсивний розвиток бездротових мереж постають проблеми підвищення їх продуктивності та з'являється необхідність розробки алгоритмів, які дозволять забезпечити своєчасну та надійну передачу інформації, підвищити коефіцієнт використання смуги пропускання, скоротити час реагування базової станції на запити абонентських станцій, а також забезпечити якість обслуговування для різних видів трафіка.

Одними із найважливіших в галузі забезпечення якості обслуговування є проблеми планування та керування доступом. В процесі забезпечення якості обслуговування необхідне планування кадрів для того, щоб визначити, який пакет буде обслуговуватися першим у конкретній черзі [2]. Також для подальшого поліпшення якості і ефективності передачі даних у мережах *WiMAX* необхідно розробити метод керування доступом, який дозволить запобігати переповненню і блокуванню потоків.

Таким чином, проблема розробки ефективних методів керування доступом, що дозволить одержати більш високу пропускну здатність при незбалансованому трафіку та знизити затримку пакетів, є актуальною.

Огляд існуючих алгоритмів керування доступом з'єднань

Проблема керування доступом з'єднань активно досліджувалася як для проводових, так і для бездротових систем. Для аналізу різних алгоритмів керування доступом з'єднань були запропоновані аналітичні моделі, засно-

¹ <http://radap.kpi.ua/radiotechnique/article/view/987>

вані на ланцюгах Маркова [3]. Однак більша частина цих моделей працює тільки на рівні викликів для традиційних голосових мереж. А от у бездротових мережах з комутацією пакетів необхідно розглядати функціонування на рівні пакетів.

Основна мета механізму керування доступом – обмеження кількості існуючих потоків з'єднань так, щоб можна було забезпечити продуктивність якості обслуговування для всіх вхідних викликів.

Зараз використовуються два основні алгоритми керування доступом для абонентських станцій, які забезпечують необхідні характеристики якості обслуговування з'єднань.

При застосуванні алгоритму, заснованому на граничному значенні, у випадку, коли з'являється нове з'єднання, модуль керування доступом перевіряє, чи буде загальна кількість з'єднань меншою або рівною граничному значенню.

Алгоритм, заснований на аналізі черг, працює на основі ймовірності прийому з'єднання, що визначається статусом черги.

Алгоритм, заснований на нечіткій логіці є найбільш доцільним у ситуації, коли відсутнє не лише детерміноване представлення задачі, але й стохастичні ймовірнісні методи.

У роботі [4] показано, що для проектування протоколу керування ресурсами перспективним є використання так званих «м'яких» обчислювальних методик, наприклад, заснованих на нечіткій логіці або генетичних алгоритмах. Це дозволяє задовольнити вимоги користувачів до якості обслуговування та максимально використовувати ресурси системи.

Постановка задачі

Таким чином, метою роботи є розроблення нового методу керування, що забезпечує підвищення якості обслуговування в мережах WiMAX.

Для досягнення мети необхідно розв'язати такі задачі:

- визначити лінгвістичні змінні фазі-контролера та їх терми, враховуючі інформацію з відомих робіт;
- визначити функції належності, причому необхідно вказати конкретні числові параметри;
- розробити базу правил для подальшої реалізації пристрою;
- промодельовати роботу фазі-контролера, що дозволить оцінити його працездатність.

Розроблення фазі-контролера

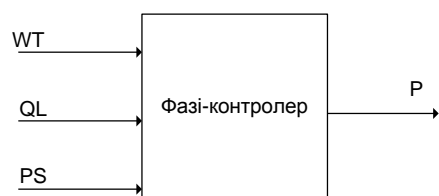


Рис. 1. Фазі-контролер доступу

Розроблений фазі-контролер доступу абонента до мереж WiMAX подано на рис. 1. Він має такі вхідні змінні: час очікування, довжина черги, розмір пакета. Вихідною змінною фазі-контролера є величина пріоритету абонента.

Фазі-контролер є контролером Мамдані, здійснює інференцію типу «мін-макс», а дефазіфікацію за методом центроїда.

Використання подібного фазі-контролера доступу дозволить уникнути перевантаження мережі та покращити ефективність її функціонування.

Визначення функцій належності

Для опису часу очікування використовуються терми «низький», «середній» та «високий». Функції належності для $T(WT)$ наведені на рис.2.

Таким чином, множина значень для часу очікування є такою:

$$T(WT) = \{ \text{Низький} (Lw), \text{Середній} (M), \text{Високий} (H) \}.$$

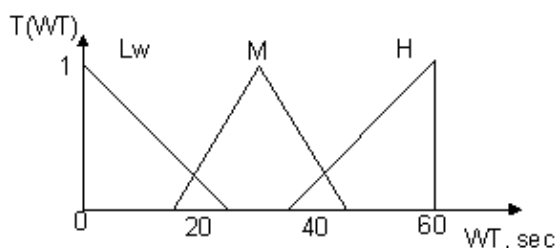


Рис. 2. Функції належності для WT

Для опису довжини черги використовуються терми «коротка», «середня» та «довга». Функції належності для $T(QL)$ наведені на рис. 3. Таким чином, множина значень для довжини черги є такою:

$$T(QL) = \{ \text{Коротка} (Sh), \text{Середня} (M), \text{Довга} (Ln) \}.$$

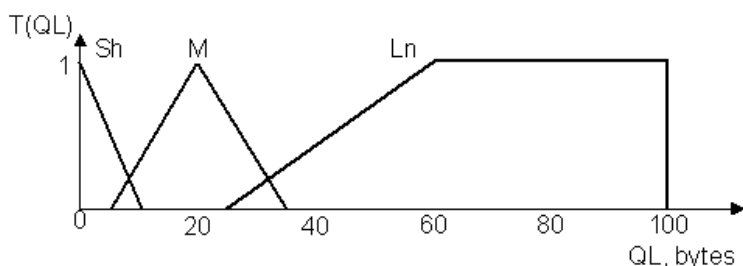


Рис. 3. Функції належності для QL

значень для розміру пакету є такою:

$$T(PS) = \{ \text{Малий} (Sm), \text{Середній} (M), \text{Великий} (Lg) \}$$

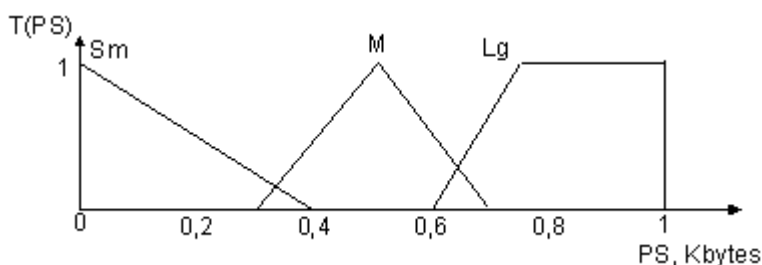


Рис. 4. Функції належності для PS

Для опису розміру пакету використовуються терми «малий», «середній» та «великий». Функції належності для $T(PS)$ наведені на рис. 4. Таким чином, множина

Для опису величини пріоритету абонента використовуються терми «дуже низький», «низький», «середній», «високий» та «дуже високий». Функції належності для $T(P)$ наведені на

рис. 5. Таким чином, множина значень для величини пріоритету абонента є такою:

$$T(P) = \{ \text{дуже низький} (VL), \text{низький} (L), \text{середній} (M), \text{високий} (H), \text{дуже високий} (VH) \}$$

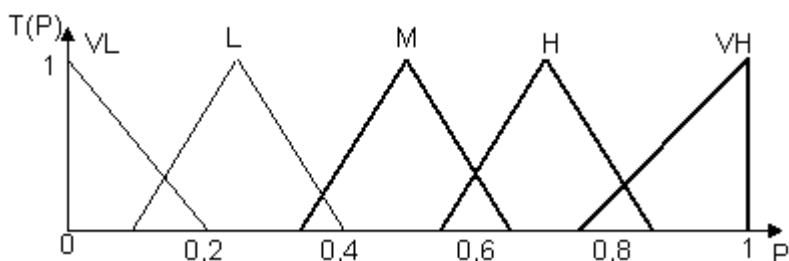


Рис. 5. Функції належності для P

База правил, яка описує принципи функціонування розробленого фазі-контролера, створюється на основі експертних знань і складається з двадцяти семи правил:

1. якщо $WT = Lw$ і $QL = Sh$ і $PS = Sm$, тоді $P = VL$;
2. якщо $WT = Lw$ і $QL = Sh$ і $PS = M$, тоді $P = VL$;
3. якщо $WT = Lw$ і $QL = Sh$ і $PS = Lg$, тоді $P = L$;
4. якщо $WT = Lw$ і $QL = M$ і $PS = Sm$, тоді $P = VL$;
5. якщо $WT = Lw$ і $QL = M$ і $PS = M$, тоді $P = L$;
6. якщо $WT = Lw$ і $QL = M$ і $PS = Lg$, тоді $P = M$;
7. якщо $WT = Lw$ і $QL = Ln$ і $PS = Sm$, тоді $P = VL$;
8. якщо $WT = Lw$ і $QL = Ln$ і $PS = M$, тоді $P = VL$;
9. якщо $WT = Lw$ і $QL = Ln$ і $PS = Lg$, тоді $P = L$;
10. якщо $WT = M$ і $QL = Sh$ і $PS = Sm$, тоді $P = L$;
11. якщо $WT = M$ і $QL = Sh$ і $PS = M$, тоді $P = L$;
12. якщо $WT = M$ і $QL = Sh$ і $PS = Lg$, тоді $P = L$;
13. якщо $WT = M$ і $QL = M$ і $PS = Sm$, тоді $P = L$;
14. якщо $WT = M$ і $QL = M$ і $PS = M$, тоді $P = M$;
15. якщо $WT = M$ і $QL = M$ і $PS = Lg$, тоді $P = H$;
16. якщо $WT = M$ і $QL = Ln$ і $PS = Sm$, тоді $P = L$;
17. якщо $WT = M$ і $QL = Ln$ і $PS = M$, тоді $P = L$;
18. якщо $WT = M$ і $QL = Ln$ і $PS = Lg$, тоді $P = M$;
19. якщо $WT = H$ і $QL = Sh$ і $PS = Sm$, тоді $P = M$;
20. якщо $WT = H$ і $QL = Sh$ і $PS = M$, тоді $P = M$;
21. якщо $WT = H$ і $QL = Sh$ і $PS = Lg$, тоді $P = H$;
22. якщо $WT = H$ і $QL = M$ і $PS = Sm$, тоді $P = M$;
23. якщо $WT = H$ і $QL = M$ і $PS = M$, тоді $P = H$;
24. якщо $WT = H$ і $QL = M$ і $PS = Lg$, тоді $P = VH$;
25. якщо $WT = H$ і $QL = Ln$ і $PS = Sm$, тоді $P = M$;
26. якщо $WT = H$ і $QL = Ln$ і $PS = M$, тоді $P = M$;
27. якщо $WT = H$ і $QL = Ln$ і $PS = Lg$, тоді $P = H$.

Моделювання фазі-контролера доступу

Для моделювання роботи фазі-контролера використаємо програму Matlab 6.5. Ця програма дозволяє імітувати роботу фазі-контролерів та нейронних мереж. Схема фазі-контролера доступу у програмі Matlab 6.5 має вигляд, поданий на рис. 6.

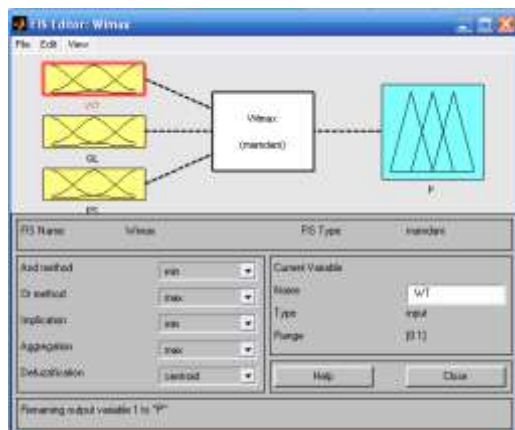


Рис. 6. Схема фазі-контролера

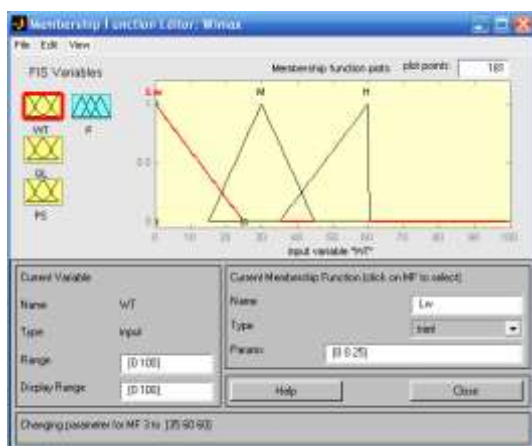


Рис. 7. Задання функцій належності

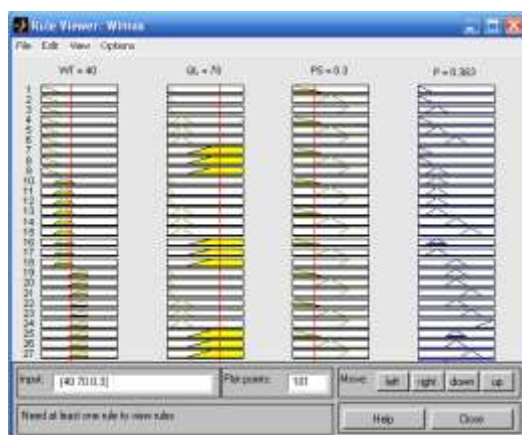


Рис. 8. Результати моделювання
ти процес керування викликами.

Тобто маємо три вхідні величини — час очікування WT , довжину черги QL та розмір пакета PS і одну вихідну — пріоритет абонента P .

Задаємо функції належності для часу очікування WT (рис. 7). Таким же чином задаємо функції належності і для довжини черги QL , розміру пакета PS і пріоритету абонента P .

Вводимо базу правил роботи фазі-контролера доступу, що складається із двадцяти семи правил типу «якщо-то».

Для моделювання реальної роботи фазі-контролера доступу задамо конкретні числові значення для кожної вхідної величини. Нехай час очікування $WT = 40$, довжина черги $QL = 70$, а розмір пакета $PS = 0,3$. Результат роботи фазі-контролера при заданих вхідних даних подано на рис. 8. Тобто, промодельювавши роботу фазі-контролера у середовищі *Matlab* 6.5, отримуємо значення пріоритету абонента $P = 0,363$.

Запропонований контролер використовує метод інференції макс-мін, оскільки він зручний для роботи у режимі реального часу. Для процесу дефазіфікації застосовується метод Мамдані, що забезпечує простоту розрахунків. Процес дефазіфікації дає чітке значення пріоритету конкретного абоненту, що дозволяє оптимізува-

Висновки

На даний час актуальною є задача розроблення ефективних алгоритмів планування та керування доступом у мережах третього та четвертого покоління, що дозволить одержати більше високу пропускну здатність при незбалансованому трафіку та знизити затримку пакетів. У даній статті проблема керування доступом в мережах WiMAX вирішена шляхом застосування методів нечіткої логіки. Так, для покращення ефективності контролю доступу до бездротових мереж WiMAX пропонується використовувати розроблений фазі-контролер, вірність функціонування якого підтверджується проведенням моделюванням. Отриманий фазі-контролер відрізняється від відомих своєю простотою та наочністю. Використання запропонованого контролера дозволить забезпечити високу якість обслуговування після прийняття з'єднання, зменшити затримку пакетів у мережі, підвищити пропускну здатність системи, а також спростити елементи структури системи.

Перелік посилань

1. Сюваткин В. С. WiMAX – технология беспроводной связи: основы теории, стандарты, применение / В. С. Сюваткин, В. И. Есипенко, И. П. Ковалев, В. Г. Сухоребров ; под ред. В. В. Крылова. – СПб : БХВ-Петербург, 2005. – 368 с.
2. Аунг Мьо Маунг. Исследование и разработка алгоритмов планирования и приоритетного управления доступом в сетях WiMax: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Аунг Мьо Маунг. – М. : МИЭТ, 2010. – 25 с.
3. Fang Y. Call admission control schemes and performance analysis in wireless mobile networks / Y. Fang, Y. Zhang // IEEE Transactions on Vehicular Technology. – 2002. – Vol. 51, №2. – P. 371–382.
4. Крылов В. В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / В. В. Крылов, М. И. Дли, Р. Ю. Голуков. – М. : Физматиз, 2001. – 224 с.

References

1. Syuvatkin V. S., Esipenko V. I., Kovalev I. P., Sukhorebrov V. G., Krylov V. V. eds. (2005) *WiMAX – tekhnologiya besprovodnoi svyazi: osnovy teorii, standarty, primeneniye* [WiMax - Wireless Technology: Fundamentals of Theory, Standards, Application]. SPb, BKhV-Peterburg Publ., 368 p.
2. Aung M'o Maung (2010) *Issledovanie i razrabotka algoritmov planirovaniya i prioritnogo upravleniya dostupom v setyakh WiMax*. Diss. kand. tekhn. nauk [Research and development of algorithms for planning and priority access control in WiMax networks. Dr. of Techn. Sci. diss.]. Moskow, 25 p.
3. Fang Y. and Zhang Y. (2002) Call admission control schemes and performance analysis in wireless mobile networks. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 51, No 2, pp. 371-382.
4. Krylov V. V., Dli M. I. and Golukov R. Yu. (2001) *Nechetskaya logika i iskusstvennye neironnye seti* [Fuzzy logic and artificial neural networks]. Moskow, Fizmatiz Publ., 224 p.

Семенова О. О., Боярський К. О., Постернак О. М. **Фазі-контролер для мереж WiMAX.** У статті пропонується використовувати для керування доступом до мереж WiMAX фазі-контролер, що дасть змогу уникнути перевантаження у мережі. Вхідними лінгвістичними змінними контролера є час очікування, довжина черги та розмір пакета, а його вихідною лінгвістичною змінною є величина пріоритету абонента. Розроблено структурну схему фазі-контролера. Визначено лінгвістичні змінні, терми та функції належності для вхідних та вихідних змінних. Розроблено базу правил. Проведено імітаційне моделювання роботи фазі-контролера в програмі Matlab 6.5.

Ключові слова: нечітка логіка, доступ, керування, моделювання.

Семёнова Е. А., Боярский К. А., Постернак А. Н. **Фаззи-контроллер для сетей WiMAX.** В статье предлагается использовать для управления доступом к сетям WiMAX фаззи-контроллер, что предоставит возможность избежать перегрузки в сети. Входными лингвистическими переменным контроллера являются время ожидания, длина очереди и размер пакета, а его выходной лингвистической переменной является величина приоритета абонента. Разработана структурная схема фаззи-контроллера. Определены лингвистические переменные, термы и функции принадлежности для входных и выходных переменных. Разработана база правил. Проведено имитационное моделирование работы фаззи-контроллера в программе Matlab 6.5.

Ключевые слова: нечеткая логика, доступ, управление, моделирование.

O. Semenova, K. Boyarskiy, O. Posternak. **Fuzzy-controller for WiMAX networks.** WiMAX is a broadband wireless last mile technology providing high speeds for long distances and offering great flexibility. Scheduling in WiMAX became one of the most important tasks, because it is responsible for distributing available resources among users. A high level of quality of service and scheduling support is one of the most interesting features of the WiMAX standard. In modern telecommunication networks the access control techniques are widely used. That is because using such devices instead of traditional ones permits to increase accuracy and reliability of control. Fuzzy systems have replaced conventional techniques in many engineering applications, especially in control systems. In the article it is suggested to use a fuzzy controller for access control in WiMAX networks that allows avoiding congestion in networks. The main objective of this work is providing an implementation of the WiMAX standard using the dynamic fuzzy logic based priority scheduler. We propose to use a fuzzy controller having three input and one output linguistic variables. Input linguistic variables of the controller are waiting time, queue length and packet size, its output variable is user's priority. A block diagram of the fuzzy controller was developed. Linguistic variables, terms and membership functions for input and output values have been defined. The Waiting time linguistic variable has three terms: low, medium, high. The Queue length linguistic variable has three terms: short, medium, long. The Packet size linguistic variable has three terms: small, medium, large. The rules base consisting of twenty-seven rules has been developed. The fuzzy controller has been simulated using Matlab 6.5. Results of the simulation prove the accuracy and reliability of the fuzzy-controller's model.

Keywords: fuzzy logic, access, control, simulation.